

Schmelzgut an und für sich schon viel mehr angereichert als heute, so daß sicherlich der erste Schmelzgang einen Kupferstein mit viel höherem Kupfergehalt geliefert hat als die Krummöfen. Auch das relativ spärliche Vorkommen von homogener Plattenschlacke — eine solche kann sich nur bei einem Rektifizierungsprozesse bilden — spricht gegen ein allgemein geübtes Raffinierverfahren.

Wenn auch nicht behauptet werden soll, der erste Schmelzgang habe stets zum Ziele geführt, so erscheint es nach unseren derzeitigen Kenntnissen an Funden doch höchstwahrscheinlich, daß nur in sehr beschränktem Maße ein Raffinierverfahren geübt wurde, offenbar dann, wenn infolge schlechter Gangart, schlechter Aufbereitung uam. das erhaltene Kupfer nicht rein genug ausgebracht wurde. Dieser Raffinierprozeß kann aber auch nur in einem abermaligen Schmelzen des Kupfersteines in primitiven Öfen bestanden haben, denn für eine Konzentrationsschmelze in Tiegeln sind weder durch Funde noch durch Fundverhältnisse Belege beizubringen.

Versuch einer Errechnung der ausgebrachten Kupfermengen.⁵²⁾

Wie schon die Überschrift dieses Absatzes besagt, kann es sich hier nur um einen rechnerischen Versuch handeln. Die Prämissen der Berechnung enthalten so große Fehlerquellen, daß die vorgebrachten Daten mehr als Zahlenordnungen, denn als eigentliche Zahlen aufzufassen sind. Bei diesem Versuche kommt ernstlich wohl nur das Abbaufeld vom Mitterberge in Betracht, da dieses gut studiert und durch den modernen Bergbau bereits vollständig durchfahren ist. Deshalb kann für die Gesamtausbringung von Kupfer aus allen Bergwerken im Kronlande nur das Resultat vom Mitterberge als Grundlage dienen.

Zur Errechnung der ausgebrachten Kupfermengen kann man auf zwei voneinander vollständig unabhängigen Wegen gelangen, nämlich durch Berechnung der Kubatur- und Substanzziffer und durch Errechnung des Kupfers aus den vorhandenen Schlacken.

a) Kubatur- und Substanzziffer.

Wir haben auf Seite 3 gesehen, daß die angefahrene Gangfläche rund $65.000 m^2$ beträgt. Es ist die Fläche, die einerseits von der Taglinie, andererseits von der unteren Grenze der Abbaue eingeschlossen wird. Davon wurden aber nur höchstens 10% wirklich abgebaut. Schätzungsweise 90% blieben stehen, da 1. wegen des Feuersetzens die Felder nicht zu hoch aufgebrochen werden durften, 2. die Grubenfelder infolge der Einsturzgefahr nicht allzu groß angelegt werden durften, 3. die tauben und unabbauwürdigen Mittel stehen blieben, 4. in der Verwitterungszone, bis auf eine Tiefe von mehr als 5 m, überhaupt der Gang nicht abgebaut wurde. Die Gangmächtigkeit ist durchschnittlich 1,5 m, woraus sich $9.750 m^3$ anstehendes Hauwerk ergibt. Das Volumen mit dem spezifischen Gewichte 2,7 multipliziert ergibt rund 26.000 t Hauwerk, das mit 3% Kupfergehalt angenommen werden kann; somit 780 t Kupfer.

Davon ist abzurechnen:

1. 25% Abbauverlust (20—25% modern). Er wird sich mit den modernen annähernd gleich hoch stehen, da im jetzigen Betriebe durch den Schuß viel verloren geht, während in prähistorischer Zeit infolge des schlechten Lichtes die Kuttung mangelhaft gewesen sein dürfte.

2. 30% Aufbereitungsverlust (15—20% modern). Dieser Verlust ist im modernen Betriebe sicherlich viel niedriger anzuschlagen, da die Alten infolge der primitiven Verhüttung viel stärker anreichern mußten; verringert wurde er teilweise wieder dadurch, daß nur sehr reiche Erze abgebaut wurden.

3. 20% Hüttenverlust (modern viel geringer). Dieser setzt sich vorwiegend aus dem Lösungsverluste in die Schlacke und aus dem Flugstaubverlust zusammen.

⁵²⁾ G. KYRLE, „Versuch einer Errechnung der ausgebrachten Metallmengen aus den prähistorischen Kupfergruben in Salzburg“. Vortrag, gehalten auf der Versammlung

Deutscher Naturforscher und Ärzte, Wien, 25. September 1913; Referat darüber Montanistische Rundschau, 1914, Nr. 3, S. 63/64.

Führen wir nun nach dieser Kritik der Zahlen die Rechnung durch.

Aufgefahrene Gangfläche	=	65.000 m^2
davon 10% abgebaut	=	6.500 m^2
× 1.5 Gangstärke		
× 2.7 spezifisches Gewicht		
somit aufgefahrenes Hauwerk	=	2.6000 t
davon 3% Kupfer	=	780 t
— 25% Abbauverlust	=	585 t
— 30% Aufbereitungsverlust	=	410 t
— 20% Verhüttungsverlust	=	328 t ausgebrachtes Kupfer.

Aus dieser Rechnung ergeben sich also rund 300 t ausgebrachtes Kupfer.

b) Errechnung aus den vorhandenen Schlacken.

Die Schlacken liegen auf den Halden der Schmelzplätze annähernd in einer kontinuierlichen Schichte, d. h. die erhaltenen Schlacken würden, in entsprechende Lage gebracht, die ganze Fläche der Halde bedecken. Dadurch kann man bei Errechnung des durchschnittlichen Gewichtes eines Quadratmeters Schlacke und der durchschnittlichen Größe der Schlackenplätze die gesamte, erhaltene Schlackenmenge annähernd schätzen.

1 m^2 Plattenschlacke wiegt rund 125 kg . Da jedoch nicht nur Plattenschlacke, sondern auch Schlackenklötze in Betracht gezogen werden müssen, letztere aber infolge ihrer größeren Höhe auch ein größeres Quadratmetergewicht haben, muß das durchschnittliche Quadratmetergewicht auf 150 kg erhöht werden.

Die vier vollständig untersuchten Schmelzplätze haben folgende Flächenausdehnung:

Schmelzplatz 8	114 m^2 ,
„ 6	96 „
„ 13	34 „
„ 10	264 „
Summe	508 m^2 .

Daraus ergibt sich als Durchschnitt für einen Schmelzplatz 125 m^2 . Multipliziert man nun mit 26 (der Anzahl der bekannten Schmelzplätze), so erhält man die schätzungsweise Ausdehnung sämtlicher Schlackenhalde und damit auch nach dem vorher Gesagten die Flächenausdehnung der Schlacken. Diese Zahl ist nun mit dem Quadratmetergewicht der Schlacke (150 kg) zu multiplizieren und ergibt ein Gesamtgewicht der Schlacke von 487 t . Somit ist am Mitterberge annähernd 500 t Schlacke vorhanden.

Es wurde schon früher anlässlich der Besprechung des Schmelzprozesses ausgeführt, daß der Schlackenklötz den größten Teil der Schlacke und der Gußkuchen das gesamte ausgebrachte Metall einer Ofenbeschickung enthält. Bei dieser Voraussetzung kann unter Verwendung der Verhältniszahl zwischen Schlackenklötz und Gußkuchen aus der gesamten Schlackenmenge das gesamte erschmolzene Kupfer berechnet werden.

Die sechs erhaltenen Schlackenklötze haben folgende Gewichte: 13.400, 15.900, 21.800, 25.000, 12.600, 14.300 kg . Daraus ergibt sich als Durchschnitt 18.500 kg . Diese Zahl kann auf 20.000 kg aufgerundet werden, da manche Stücke von den Klötzen weggebrochen sind, wohl auch Partien der Schlacken an den Ofenwänden haften blieben usw.

Die erhaltenen Gußkuchen wiegen 3.600, 2.900, 4.000, 3.350, 10.600, 5.700 kg , somit ein Gußkuchen durchschnittlich 5.000 kg .

Demnach stellt sich das Verhältnis von Schlacke zu Kupfer wie 4 : 1.

Die Probe, ob diese Verhältniszahl verwendbar ist, gibt die Berechnung über die Anreicherung des aufgegebenen Schmelzgutes.

Die Beschickung des Ofens besteht aus Schlacke + Kupfer + flüchtige Bestandteile (hauptsächlich Kohlendioxyd und Schwefel). Die letzteren betragen bei 5 kg Kupfer annähernd 9 kg. Somit wog das Schmelzgut für eine Beschickung 34 kg (20 kg Schlacke + 5 kg Kupfer + 9 kg flüchtige Substanzen), was einer Anreicherung von rund 15% entspricht. Dieser Prozentgehalt an Kupfer ist nicht nur möglich, sondern auch wahrscheinlich, wodurch das oben errechnete Verhältnis von Schlacke zu Kupfer ebenfalls den Tatsachen sehr nahe kommen dürfte.

Da nun die gesamte Schlackenmenge mit rund 500 t berechnet wurde, ergibt sich daraus die erschmolzene Kupfermenge mit 125 t.

Die beiden gefundenen Endwerte, 300 t und 125 t, stimmen auf den ersten Blick wenig, unter Berücksichtigung der großen Fehlerquellen aber gut überein. Dazu kommt noch, daß der letzte Wert wohl sicherlich zu nieder ist, da kaum alle Schlacke erhalten geblieben ist und uns kaum alle Schlackenplätze auch schon bekannt sind.

Demnach werden wir für den Mitterberg 125 t als Minimalwert und 300 t als Maximalwert anzunehmen haben. Das Mittel der beiden Werte würde näherungsweise eine Gesamtausbringung von 150—200 t ergeben.⁵³⁾

Für eine ähnliche Berechnung der anderen Bergwerke fehlt jede Grundlage. Wir kennen weder die aufgefahrene Gangfläche noch sind wir im entferntesten über die Anzahl der Schmelzplätze orientiert. Soweit sich aber aus der Ausdehnung und Anzahl der Pingen schließen läßt, darf man annehmen, daß aus den Abbauen am Einödberge, am Buchberg-Hochgründeck und bei Viehhofen — Stuhlfelden ist gar nicht untersucht — zusammen vielleicht ebensoviel, kaum aber mehr als aus denen am Mitterberge ausgebracht wurde.

Unter dieser Annahme wäre mit einer Gesamtausbringung von 300—400 t Kupfer in den bis jetzt bekannten Bergwerken des Kronlandes zu rechnen.

Zeitliche Stellung.

Über die zeitliche Stellung des Mitterberges ist bereits ausführlich abgehandelt worden.⁵⁴⁾

Es wurde dort gezeigt, daß für einen kupferzeitlichen Bergbau keine Beweise vorliegen, vielmehr alle Funde auf das Ende der Bronzezeit und den Beginn der Hallstattperiode verweisen.

Diese Annahme hat die nunmehrige endgültige Bearbeitung des gesamten salzburgischen Fundmaterials erwiesen. Abgesehen von den datierbaren Funden des Mitterberges selbst (mittel- und endständigen Lappenäxten, gerillter Kugelkopfnadel, Düllpickeln und den spätbronzezeitlichen Keramikfunden von den Schmelzplätzen) und den schon 1912 von mir vorgebrachten Argumenten, spricht auch der starke Unterschied in der Besiedlung des Kronlandes zwischen den ersten drei Stufen und der letzten Stufe der Bronzezeit deutlich für das Vorhandensein eines Industriezentrums im gebirgigen Teile des Landes.

Die Summe der Streufunde — andere Funde fehlen vollständig — in den ersten drei Stufen beträgt 12, dagegen die Streufunde der letzten Bronzezeit 33, wozu noch 3 Depotfunde und 1 Höhengsiedlung kommen. Bemerkte sei noch, daß unter den provenienzlosen Funden im MCA, die wohl zum größten Teile dem Kronlande entstammen, sich nur 1 Randaxt und 1 Absatzaxt gegen 8 mittelständige Lappenäxte finden. Auch die horizontale und vertikale Verbreitung der endbronzezeitlichen Funde ist nur durch die Kupferbergbaue zu erklären.

Haben wir im Zusammenhalte mit dem Vorstehenden für den Mitterberg, der das am besten durchforschte Bergwerk in den salzburg-tirolischen Alpen ist, einen sicheren terminus a quo und durch das vollständige Fehlen von Eisen auch einen solchen ad quem erhalten, so ergibt sich auch für die anderen

⁵³⁾ J. PIRCHL („Zur Geschichte des Mitterberger Kupferbergbaues.“ Montanistische Zeitschrift, 1914, Nr. 10, S. 313) hat die ausgebrachte Kupfermenge vom Mitterberge mit 2400 Tonnen berechnet, wobei er die gesamte angefahrene Gangfläche als abgebaut annahm. Wenn man aber bei der Berechnung PIRCHLS auch nur 10% der angefahrenen Gang-

fläche als abgebaut annimmt, kommt man zu 240 t ausgebrachten Kupfer, einem mit meinem Resultate ganz verträglichen Werte.

⁵⁴⁾ G. KYRLE, Die zeitliche Stellung der prähistorischen Kupfergruben auf dem Mitterberge bei Bischofshofen. MWAG, 1912, S. 196—207.